



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0802615-7 A2**



(22) Data de Depósito: 14/03/2008
(43) Data da Publicação: 30/08/2011
(RPI 2121)

(51) *Int.Cl.:*
C22C 38/00
C21D 8/10
C21D 9/08
C22C 38/50

(54) Título: **PRODUTOS TUBULARES PARA PAÍSES PRODUTORES DE PETRÓLEO PARA EXPANSÃO EM POÇO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO**

(30) Prioridade Unionista: 30/03/2007 JP 2007-090639, 26/07/2007 JP 2007-194695, 26/07/2007 JP 2007-194695, 30/03/2007 JP 2007-090639

(73) Titular(es): Sumitomo Metal Industries, Ltd

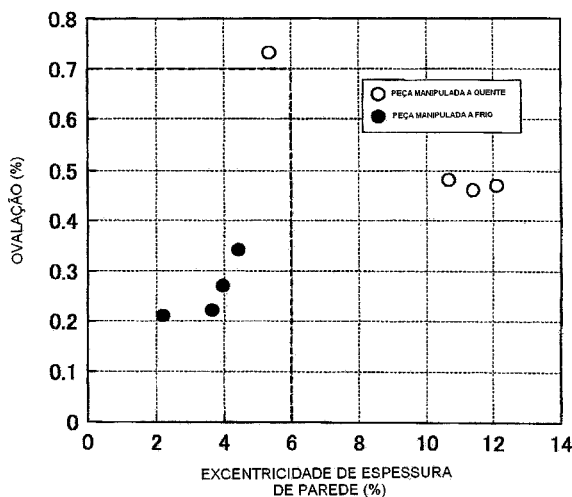
(72) Inventor(es): Hideki Takabe, Keiichi Nakamura, Masakatsu Ueda, Taro Ohe, Tomoki Mori, Toshiharu Abe

(74) Procurador(es): Araripe & Associados

(86) Pedido Internacional: PCT JP2008054746 de 14/03/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/123025 de 16/10/2008

(57) Resumo: PRODUTOS TUBULARES PARA PAÍSES PRODUTORES DE PETRÓLEO PARA EXPANSÃO EM POÇO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO. Produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção é expandido em um poço. O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão tem uma composição que compreende, em porcentagem em massa, 0,05 a 0,08% C, no máximo 0,50% Si, 0,80% a 1,30% Mn, no máximo 0,030% P, no máximo 0,020 % S, 0,08% a 0,50% Cr, no máximo 0,01% N, 0,005% a 0,06% Al, no máximo 0,05% Ti, no máximo 0,50% Cu, e no máximo 0,50% Ni, e o balanço consistindo de Fe e impurezas, uma estrutura que inclui uma razão de ferrita de pelo menos 80%. O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão apresenta uma resistência produzida na faixa de 276 MPa a 379 MPa e uma elongação uniforme de pelo menos 16%. Deste modo, o produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a invenção apresenta uma característica de alta expansão tubular.



“PRODUTOS TUBULARES PARA PAÍSES PRODUTORES DE PETRÓLEO PARA EXPANSÃO EM POÇO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO”

Campo Técnico

5 A presente invenção se refere a um produto tubular para países produtores de petróleo e um método de fabricação deste, e mais especificamente, a um produto tubular para países produtores de petróleo a ser expandido em um poço e um método de fabricação deste.

Fundamentos da Arte

10 Quando um poço (poço de petróleo ou gás) que produz petróleo ou gás é construído, uma pluralidade de produtos tubulares para países produtores de petróleo são inseridos em um poço. Um método convencional de construção de um poço é como se segue. Um poço é perfurado por uma profundidade prescrita utilizando um tubo de sondagem, e então um produto tubular para países produtores de petróleo é inserido.
15 Então, o poço é aprofundado e o produto tubular para países produtores de petróleo que apresenta um diâmetro externo menor do que o diâmetro interno do anterior é inserido. Deste modo, de acordo com o método de construção convencional, os diâmetros externos dos produtos tubulares para países produtores de petróleo a serem inseridos são sequencialmente reduzidos conforme o poço é perfurado mais profundamente.
20 Diferentemente do estipulado, conforme o poço de petróleo se torna mais fundo, os diâmetros internos dos produtos tubulares para países produtores de petróleo usados na parte superior do poço (próximo da superfície do solo) aumentam. Como resultado, a área de perfuração aumenta, o que eleva o custo da perfuração.

25 Uma nova técnica para reduzir a área de perfuração e assim reduzir o custo de perfuração é revelada pelo JP 7-567610 A e o documento da Publicação Internacional WO 98/00626. A técnica revelada por estes documentos é como se segue. Um produto tubular para países produtores de petróleo que possui um diâmetro externo menor do que o diâmetro interno de um produto tubular para países produtores de petróleo já provido no poço é inserido dentro do poço. O produto tubular para países
30 produtores de petróleo é inserido mais profundamente além do produto tubular para países

produtores de petróleo já provido e então expandido, de modo que seu diâmetro interno é igual ao diâmetro interno do produto tubular para países produtores de petróleo anteriormente provido. Em resumo, o produto tubular para países produtores de petróleo é expandido dentro do poço. Deste modo, mesmo se o poço de petróleo for profundo, não é necessário colocar os produtos tubulares para países produtores de petróleo que possuem diâmetros maiores na parte superior do poço, o que reduz a área de perfuração e o número de tubos de aço comparado com o método de construção convencional.

Vários estudos têm sido conduzidos para produtos tubulares para países produtores de petróleo a serem usados no método de construção acima descrito (daqui em diante “produto tubular para países produtores de petróleo para expansão”). Os documentos de Publicações Internacionais Nos. WO 2004/001076 e WO 2005/080621, e JP 2002-349177 A revelam produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão relacionados à prevenção de um decréscimo na resistência a compressão após a expansão. JP 2002-266055 A revela um produto tubular para países produtores de petróleo que melhora a resistência à corrosão.

O produto tubular para países produtores de petróleo é expandido em um poço e deste modo, deve ter uma característica de deformação uniforme quando expandido (daqui em diante referido como “característica de expansão do tubo”). De modo a se obter uma alta característica de expansão do tubo, a característica de deformação sem constrição local durante a utilização é requerida, em outras palavras, a alongação uniforme, que pode ser avaliada pelo teste de tensão, dever ser alta. Aqui, a “alongação uniforme” significa a distorção de um espécime (%) no ponto de carga máxima durante o teste de tensão. Particularmente, na parte em forma de sino onde os produtos tubulares para países produtores de petróleo dispostos verticalmente sobrepostos, a razão de expansão do tubo é maximizada. Considerando a razão de expansão da parte em forma de sino, a alongação uniforme do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é preferencialmente menor do que 16%.

JP 2002-129283 A e JP 2005-146414 A revelam produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão relacionados ao melhoramento da característica de expansão do tubo. Na revelação da JP 2002-129283 A, o produto

tubular para países produtores de petróleo não é nem recozido nem temperado, e a estrutura do aço inclui 5% a 70% por volume de uma fase ferrita e fases de transformação de baixa temperatura tais como fase martensita, e uma fase bainita. Deste modo, o produto tubular para países produtores de petróleo apresenta uma característica de expansão do tubo alta.

Contudo, se a razão das fases de transformação a baixa temperatura tais como fase martensita e fase bainita na estrutura são maiores, a alta elongação uniforme de 16% ou mais não ocorre para o produto tubular para países produtores de petróleo revelado pela JP 2005-146414 A em alguns casos. Além disso, o produto tubular para países produtores de petróleo revelado pela JP 2005-146414 A contém pelo menos 1,45% de Mn de acordo com a descrição da realização. Tal composição com alto Mn pode degradar a tenacidade. A temperatura de têmpera para a composição de alto Mn é alta e deste modo, desvantagens como descarbonização e desgaste das paredes do forno podem ser encontradas.

Como revelado na JP 2002-349177 A, um produto tubular para países produtores de petróleo preferencialmente apresenta alta resistência à compressão contra as pressões externas, isto é, alta resistência ao colapso, é preferível que a variação da espessura do produto tubular para países produtores de petróleo seja reduzida, tal que a excentricidade da espessura da parede seja reduzida, sua seção transversal é aproximadamente um círculo regular e assim a ovalação é reduzida.

Revelação da Invenção

Um objetivo da presente invenção é fornecer um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão que apresenta uma característica de expansão do tubo alta. Mais especificamente uma elongação uniforme de pelo menos 16%.

Os inventores têm conduzido vários testes e encontraram como resultado que de modo a se obter alta elongação uniforme para um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão, especialmente uma elongação uniforme tão alta quanto 16% ou mais, os seguintes requerimentos (1) e (2) deveriam ser preenchidos.

(1) A razão de ferrita na estrutura metálica é pelo menos 80%. A fase ferrita é macia e deste modo um aumento na razão de ferrita na estrutura metálica

permite que alta elongação uniforme seja obtida.

(2) A resistência produzida é ajustada na faixa de 276 MPa a 379 MPa. Deste modo, a resistência necessária para um produto tubular para países produtores de petróleo é obtida e alta elongação uniforme também é alcançada.

5 Os inventores também têm encontrado que uma elongação uniforme de pelo menos 18% para um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão pode ser obtido pelo preenchimento dos seguintes requerimentos (3) em adição a (1) e (2) acima descritos.

(3) Têmpera e recozimento são realizados e a temperatura de têmpera não é
10 menor do que o ponto Ac1. Aqui, as etapas específicas no processamento da têmpera são como se segue. A temperatura de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão após a têmpera é elevada a uma temperatura de têmpera igual ou maior do que o ponto Ac1. Após a elevação da temperatura, o produto tubular é impregnado por um período prescrito. Após a impregnação, o produto tubular para países produtores de
15 petróleo para expansão é resfriado pelo ar. Ao longo do processo, uma elongação uniforme alta de 18% ou mais é obtida. Embora a razão não seja exatamente conhecida, é provavelmente porque quando a temperatura de têmpera é estabelecida pelo menos tão alta quanto o ponto Ac1, uma fase austenita precipita durante a impregnação e os grãos de cristal no aço são refinados consequentemente.

20 Os inventores também têm encontrado se uma concha oca é submetida à manipulação a frio antes da têmpera e recozimento, a ovalação e a excentricidade da espessura da parede do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão podem ser reduzidas enquanto a elongação uniforme acima descrita é mantida, e deste modo a resistência ao colapso do produto tubular para países produtores de petróleo para
25 expansão pode ser melhorada.

A invenção foi feita com base nos achados mencionados e a invenção pode ser resumida como se segue.

Um produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a invenção é expandido em um poço. O produto tubular para países produtores de petróleo
30 para expansão apresenta uma composição contendo, em porcentagem por massa, 0,05% a

0,08% C, no máximo 0,50% Si, 0,80% a 1,30% Mn, no máximo 0,030% P, no máximo 0,020% S, 0,08% a 0,50% Cr, no máximo 0,01% N, 0,005% a 0,06% Al, no máximo 0,05% Ti, no máximo 0,50% Cu e no máximo 0,50% Ni, e o balanço consistindo de Fe e impurezas, e uma estrutura que inclui uma razão de ferrita de pelo menos 80%. O produto tubular para países produtores de petróleo ainda apresenta uma resistência produzida na faixa de 276 MPa a 379 MPa e uma elongação uniforme de mais de 16%. Aqui, a razão ferrita significa uma razão de área de ferrita.

A composição química do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção pode conter, no lugar de parte do Fe, um ou mais selecionado do grupo que consiste de no máximo 0,10% Mo, no máximo 0,10% V, no máximo 0,040% Nb, no máximo 0,005% de Ca, e no máximo 0,01% de um elemento de metal raro (EMR).

O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão possui uma elongação uniforme de pelo menos 18%. O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é preferencialmente recozido e então temperado numa temperatura de tempera pelo menos do ponto Ac1 (então chamada temperatura da região de duas fases).

Preferencialmente, a ovalação do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção é no máximo 0,7% e a excentricidade da espessura da parede é no máximo 6,0%.

Deste modo, a resistência ao colapso do produto tubular para países produtores de petróleo é melhorada.

O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é preferencialmente submetido à manipulação a frio, e então recozido e temperado. Aqui, a manipulação a frio é, por exemplo, realizada pela redução a frio.

Deste modo, enquanto uma elongação uniforme de pelo menos 16% é mantida, a ovalação do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é no máximo de 0,7% e a excentricidade da espessura da parede é no máximo 6,0%.

Um método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção inclui as etapas de produzir uma concha

oca que possui uma composição química que contém, em percentagem por massa, 0,05% a 0,08% C, no máximo 0,50% Si, 0,80% a 1,30% Mn, no máximo 0,030% P, no máximo 0,020% S, 0,08% a 0,50% Cr, no máximo 0,01% N, 0,005% a 0,06% Al, no máximo, 0,05% Ti, no máximo 0,50% Cu e no máximo 0,50% Ni, e o balanço consistindo de Fe e impurezas, e recozimento e têmpera da concha oca produzida e produção da concha oca dentro de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão que apresenta uma razão de ferrita de pelo menos 80%, uma resistência de 276 MPa a 379 MPa, e uma elongação uniforme de pelo menos 16%.

Note que a composição química da concha oca pode conter, no lugar de parte de Fe, pelo menos um dos elementos opcionais acima descritos (Mo, V, Nb, Ca e EMR).

Preferencialmente, na etapa de recozimento e têmpera, a concha oca recozida é temperada numa temperatura de têmpera de pelo menos no ponto Ac1, tal que a elongação uniforme do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é pelo menos 18%.

Preferencialmente o método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção ainda inclui a etapa de submeter a concha oca produzida à manipulação a frio, tal que a ovalação do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é no máximo 0,7% e a excentricidade da espessura da parede é no máximo 6,0%. Na etapa de recozimento e têmpera, a concha oca manipulada a frio é recozida e temperada.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é um gráfico que mostra a relação entre a ovalação e a excentricidade da espessura da parede de um produto tubular para países produtores de petróleo de acordo como exemplo 2.

Melhor Modo de Realização da Invenção

Agora, as realizações da invenção serão descritas em detalhes. Um produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a invenção contém a seguinte composição química “ % por massa”.

301. Composição Química

C: 0,05% a 0,08%

Carbono (C) melhora a resistência do aço. Se o teor de C é menor do que 0,05%, a resistência produzida necessária para a invenção não pode ser obtida. Por outro lado, se o teor de C excede 0,08%, a elongação uniforme é reduzida. Deste modo, o teor de C está na faixa de 0,05% a 0,08%.

Si: 0,50% ou menos

Silício (Si) desoxida o aço e também eleva a resistência de amaciamento da têmpera para melhora a resistência do aço. Contudo, se o teor de Si excede a 0,50%, a capacidade de se trabalhar a quente do aço é degradada. Deste modo, o teor de Si é 0,50% ou menos. De modo a se obter mais efetivamente o efeito acima descrito, o teor de Si é preferencialmente menor do que 0,1%. Contudo, se o teor de Si é menor do que 0,1%, o efeito acima descrito é obtido em alguma extensão.

Mn: 0,80% a 1,30%

Manganês (Mn) melhora a dureza do aço e melhora a resistência do aço. Se o teor de Mn é menor do que 0,80%, a resistência produzida necessária para a invenção não pode ser obtida. Por outro lado, se o teor de Mn excede a 1,30%, a segregação no aço aumenta e a tenacidade do aço é degradada. Deste modo, o teor de Mn é de 0,80% a 1,30%, preferencialmente de 1,20% a 1,30%.

P: 0,030% ou menos

Fósforo (p) é uma impureza e diminui a tenacidade do aço conforme este segrega em uma superfície de grão. Deste modo, o teor de P não é mais do que 0,030%. O teor preferível de P é 0,015%.

S: 0,020% ou menos

Enxofre (S) é uma impureza e se combina com Mn ou Ca para formar uma inclusão. A inclusão formada é alongada durante a manipulação a frio e diminui a tenacidade do aço. Deste modo, o teor de S é preferivelmente o menor possível. Deste modo, o teor de S não é mais do que 0,020%, preferencialmente não mais do que 0,0050%.

Al: 0,005% a 0,06%

Alumínio (Al) desoxida o aço. Se o teor de Al é menor do que 0,005%, a

limpeza do aço é diminuída devido a desoxidação insuficiente e assim a tenacidade do aço é diminuída. Por outro lado, se o teor de Al excede 0,06%, a tenacidade do aço é também diminuída. Deste modo, o teor de Al é de 0,005% a 0,06%, preferencialmente de 0,02% a 0,06%. Note que o teor de Al aqui se refere ao teor de alumínio solúvel em ácido (Al. sol.).

N: 0,01% ou menos

Nitrogênio (N) é uma impureza e combina com Al, Ti, ou Nb para formar um nitreto. Se uma grande quantidade de AlN ou TiN precipita, a tenacidade do aço é diminuída. Deste modo, o teor de N é preferivelmente o menor possível. Deste modo, o teor de N não é mais do que 0,01%.

Cr: 0,08% a 0,50%

Cromo (Cr) melhora a dureza do aço e Cr também melhora a resistência à corrosão por dióxido de carbono. Se o teor de Cr é menor do que 0,08%, a resistência à corrosão por dióxido de carbono é diminuída. Por outro lado, se o teor de Cr aumenta, os carbetos grosseiros são mais facilmente formados e deste modo o limite superior do teor de Cr é 0,50%. Deste modo, o teor de Cr é de 0,08% a 0,50%, preferivelmente de 0,08% a 0,35%, mais preferencialmente de 0,08 a 0,25%.

Ti: 0,8% ou menos

Titânio (Ti) combina com N para formar TiN e impede os grãos de cristais de serem grosseiros numa faixa de temperatura altas. Se contudo o teor de Ti excede 0,05%, Ti combina com C para formar TiC, que diminui a tenacidade do aço. Deste modo, o teor de Ti é de 0,05% ou menos. Note que o efeito de impedimento dos grãos de cristais serem grosseiros é obtido em alguma extensão se o teor de Ti é cerca de 0,001% que acerca de um nível de impureza, enquanto o efeito é mais claramente indicado se o teor de Ti excede a 0,005%.

Cu: 0,50% ou menos

Cobre (Cu) melhora a resistência à corrosão do aço por fortalecimento do soluto. Contudo, um teor excessivo de Cu fragiliza o aço. Se o teor de Cu excede 0,50%, o aço é significativamente fragilizado. Deste modo, o teor de Cu é 0,50% ou menos. Se o teor de Cu é menor do que 0,01%, o efeito acima descrito de melhoramento da resistência

do aço é claramente indicado.

Ni: 0,50% ou menos

Níquel (Ni) melhora a tenacidade do aço e impede a fragilização do aço atribuível a qualquer Cu coexistente. Se o teor de Ni excede a 0,50% contudo, o efeito atinge a saturação. Deste modo, o teor de Ni é 0,50% ou menos. O efeito acima descrito é claramente indicado se o teor de Ni não é menor do que 0,01%.

10 Note que o balanço da composição química com siste de Fe e impurezas.

O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção contém Mo no lugar de parte de Fe se necessário.

Mo: 4,0% ou menos

15 Molibdênio (Mo) é um elemento aditivo opcional e Mo melhora a dureza para melhorar a resistência do aço. Molibdênio também impede a fragilização causada pelo P ou similares. Contudo, um teor excessivo de Mo causa a formação de um carbeto grosseiro. Deste modo, o teor de Mo não é mais do que 0,10%. O teor de Mo é preferivelmente 0,05% para assegurar o efeito acima descrito. Contudo, se o teor de Mo é menor do que 0,05%, o efeito acima descrito pode ser obtido em alguma extensão.

20 O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção ainda contém um ou mais selecionados do grupo que consiste de Nb e V no lugar de parte do Fe se necessário.

Nb: 0,040% ou menos

V: 0,10% ou menos

25 Nióbb (Nb) e vanádio (V) são ambos elementos aditivos opcionais. Estes elementos melhoram a resistência do aço. Mais especificamente, Nb forma carbonitreto e V forma carbeto pra melhorar a resistência do aço. Contudo, um teor excessivo de Nb causa a segregação e alongamento das partículas. Um teor excessivo de V diminui a tenacidade do aço. Deste modo, o teor de Nb não é mais do que 0,040% e o teor de V é preferencialmente não menos do que 0,02%. Note contudo que se os teores são menores

30

do que os limites inferiores, o efeito acima descrito pode ser obtido em em alguma extensão.

O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção contém um ou mais selecionados do grupo que consiste de Ca e um elemento de metal raro (EMR) no lugar de parte do Fe se necessário.

Ca: 0,02% ou menos

EMR: 0,01% ou menos

Cálcio (Ca) e um EMR são ambos elementos aditivos opcionais. Cálcio e um EMR contribuem para controlar a forma sulfeto e melhorar a tenacidade do aço conseqüentemente. Contudo, se o teor de Ca excede a 0,005% ou o teor de EMR excede 0,01%, uma grande quantidade de inclusão é gerada. Deste modo, o teor de Ca não é mais do que 0,005% e o teor de EMR não é mais do que 0,01%. O teor de Ca é preferencialmente não menos do que 0,001% e o teor de EMR é preferencialmente não menos do que 0,001% de modo a efetivamente assegurar o efeito acima descrito. Contudo, se o teor de Ca e o teor de EMR são menores do que os limites inferiores acima descritos, o efeito pode ser obtido em alguma extensão.

2. Estrutura do Metal

A razão de ferrita na estrutura metálica não é menos de 80%. Aqui, a “razão ferrita” significa uma razão de área de ferrita medida pelo método que se segue. Uma amostra é tomada de uma posição arbitrária de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão. A amostra polida é submetida a polimento mecânico e a amostra polida é decapada com uma solução alcoólica de picrato 4%. A superfície decapada da amostra é observada utilizando um microscópio óptico e a razão de ferrita é medida pelo método de contagem de ponto de acordo com a ASTM E562.

Note que na estrutura metálica, a parte que não é da fase ferrita inclui uma fase de transformação a baixa temperatura. A fase de transformação a baixa temperatura inclui um ou mais de bainita, martensita e perlite.

Considera-se que no produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção, uma fase de ferrita macia ocupa uma percentagem maior na estrutura metálica, e deste modo pelo menos 16% de alongação uniforme pode

ser obtida. Se a razão de ferrita é menor do que 80%, a razão da fase de transformação a baixa temperatura mais dura do que a fase ferrita aumenta, e deste modo a alongação uniforme é menor do que 16%.

3. Resistência a tensão

5 A resistência produzida do aço está na faixa de 276 MPa, a resistência necessária para um produto tubular para países produtores de petróleo não pode ser obtida. Deste modo, a resistência produzida está na faixa de 276 MPa a 379 MPa.

4. A Ovalação e a Excentricidade da Espessura da Parede

10 Preferencialmente, no produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a invenção, a ovalação não é mais do que 0,7% e a excentricidade da espessura da parede não é mais do que 6,0%.

A ovalação é definida pela seguinte expressão (1):

$$15 \quad \text{Ovalação (\%)} = \frac{\text{diâmetro externo máximo } D_{\text{máx}} - \text{diâmetro externo mínimo } D_{\text{mín}}}{\text{média } D_{\text{ave}} \text{ do diâmetro externo}} \times 100 \quad \dots(1)$$

Aqui, o diâmetro externo máximo $D_{\text{máx}}$, o diâmetro externo mínimo $D_{\text{mín}}$, e a média D_{ave} do diâmetro externo são, por exemplo, medidos pelo seguinte método. Numa seção transversal arbitrária do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão, o diâmetro externo do mesmo círculo é medido em intervalos de 20 22,5°. Deste modo, 16 ($=360^\circ/22,5^\circ$) diâmetros externos são medidos. Entre os 16 diâmetros externos medidos, o diâmetro externo máximo é definido como $D_{\text{máx}}$, e o diâmetro mínimo como $D_{\text{mín}}$. A média dos 16 diâmetros externos medidos são definidos como a média D_{ave} .

25 A excentricidade da espessura da parede é definida pela seguinte expressão (2):

$$\text{Excentricidade espessura da parede (\%)} = \frac{\text{espessura máxima de parede } T_{\text{máx}} - \text{espessura mínima de parede } T_{\text{mín}}}{\text{média da espessura da parede } T_{\text{méd}}} \times 100 \quad \dots(2)$$

30 Aqui, a espessura máxima de parede $T_{\text{máx}}$, a espessura mínima de parede $T_{\text{mín}}$, e a espessura média de parede $T_{\text{méd}}$ são, por exemplo, medidas pelo método

seguinte. Numa seção transversal arbitrária de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão, a espessura é medida em intervalos de $11,25^\circ$. Deste modo, 32 ($360^\circ/11,25^\circ$) espessuras são medidas. Entre as 32 espessuras medidas, a espessura máxima é definida como $T_{\text{máx}}$, e a espessura mínima como $T_{\text{mín}}$. A média das 32 espessuras medidas são definidas como T_{ave} .

Como será descrito, uma concha oca após a manipulação a quente é submetida à manipulação a frio antes do recozimento e têmpera, e um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão que apresenta uma ovação de 0,7% ou menos e uma excentricidade de espessura de parede de 6,0% ou menos é obtida. Tal produto tubular para países produtores de petróleo para expansão apresenta alta homogeneidade geométrica. Deste modo, o produto tubular apresenta alta resistência ao colapso e alta resistência a compressão. Mais preferivelmente, a ovalação não é mais do que 0,5% e a excentricidade da espessura da parede não é mais do que 5,0%.

Note que no exemplo acima, os 16 diâmetros externos e as 32 espessuras são medidas, enquanto que a mesma circunferência é igualmente dividida em oito ou mais e o diâmetro externo e a espessura são medidos em cada um dos pontos de divisão, o número de pontos para medição não é particularmente limitado.

5. Método de Fabricação

Um exemplo de um método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção será descrito. O aço em fusão que apresenta a composição acima descrita é fundido e então formado em lingotes. O lingote produzido é processado em uma concha oca (processo de produção em concha oca). Alternativamente, o lingote pode ser formado em uma concha oca por extrusão a quente.

A concha oca produzida é submetida ao recozimento e têmpera e transformada em um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção (processo de recozimento e têmpera). A temperatura de recozimento é uma temperatura bem conhecida (pelo menos ponto Ac3). Por outro lado, a temperatura de têmpera é preferivelmente não menos do que o ponto Ac1. Um processo específico de têmpera preferível é como se segue. Uma concha oca após a têmpera tem a

temperatura elevada a uma temperatura de têmpera igual a ou mais alta que o ponto Ac1. Após a elevação da temperatura, a concha oca é impregnada por um período prescrito (por exemplo, cerca de 30 minutos para uma concha oca que tem uma espessura de 12,5 mm) numa temperatura de têmpera. Após a impregnação, a concha oca é resfriada pelo ar.

5 Se a temperatura de têmpera não é menor do que o ponto Ac1, a elongação uniforme se torna 18% ou mais. Embora a razão não seja exatamente conhecida, é provavelmente devido a uma fase austenita que precipita durante a impregnação quando a temperatura de têmpera é estabelecida no ponto Ac1 ou mais alta, cujos grãos de cristais refinam no aço, tal que a elongação uniforme se torna 18% ou mais.

10 O limite superior para a temperatura de têmpera é preferivelmente o ponto Ac3. Se a temperatura de têmpera excede o ponto Ac3, a resistência do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão é diminuído. Deste modo, a temperatura de têmpera é pelo menos o ponto Ac1 e menor do que o ponto Ac3.

15 Note que se a temperatura de têmpera é menor do que o ponto Ac1, uma elongação uniforme de pelo menos 16% pode ser obtida enquanto que a razão de ferrita é 80% ou mais e a resistência produzida é de 276 MPa a 379 MPa.

20 Os pontos Ac1 e Ac3 podem ser obtidos pelo teste “formastor”. No teste “formastor”, a expansão térmica de um espécime é medida utilizando um dispositivo de medição do ponto de transformação (“formastor”) e os pontos de transformação (Ac1 e Ac3) são determinados com base na expansão térmica medida.

25 Preferivelmente, após o processo de fabricação em concha oca e antes do processo de recozimento e têmpera, a manipulação a frio é realizada. No processo de manipulação a frio, a concha oca produzida é submetida à manipulação a frio. A manipulação a frio é, por exemplo, a manipulação para redução do diâmetro a frio, e mais especificamente é realizada pela imersão a frio ou pela tração a frio ou pela laminação a frio utilizando um laminador de cilindro. Mais preferivelmente, a manipulação a frio é realizada pela tração a frio. A ovalação do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão se torna 0,7% ou menos e a excentricidade da espessura da parede se torna 6,0% ou menos pela manipulação a frio.

30 Note que antes do processo de manipulação a frio, a concha oca pode ser

submetida ao tratamento com calor tal como recozimento e têmpera. O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão produzido pelo método acima descrito é um tubo de aço sem solda, enquanto que o produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção pode ser um tubo soldado tal como um tubo de aço soldado por resistência elétrica. Note contudo que o tubo soldado poderia sofrer um problema relacionado a sua resistência à corrosão na parte soldada, e deste modo o produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção é preferivelmente um tubo de aço sem solda.

Exemplos

10

Exemplo 1

Uma pluralidade de lingotes redondos que possuem as composições químicas mostradas na tabela 1 é produzida.

Tabela 1

		Tipo de aço				
		A	B	C	D	E
Composição química (em % por massa, o balanço consistindo de Fe e impurezas)	C	0,07	0,12	0,06	0,17	0,07
	Si	0,28	0,26	0,21	0,28	0,25
	Mn	1,32	1,40	1,24	1,39	1,26
	P	0,008	0,010	0,008	0,014	0,007
	S	0,0007	0,0023	0,0018	0,0050	0,0015
	Cu	0,02	0,29	0,02	0,01	0,02
	Cr	0,18	0,11	0,10	0,06	0,09
	Ni	0,02	0,42	0,02	0,02	0,02
	Mo	0,05	0,01	-	0,01	0,01
	V	0,04	-	-	0,07	-
	Nb	-	0,027	-	-	0,001
	Ti	0,008	0,024	0,006	0,007	0,009
	N	0,005	0,006	0,006	0,005	0,001
	Al	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
Ponto Ac1 (°C)		708	715	718	700	729

Com referência a tabela 1, as composições químicas do aço tipo C e aço tipo E estavam dentro da faixa definida pela invenção. O teor de Mn do aço tipo A excedeu o limite superior definido pela invenção. O teor de C e o teor de Mn do aço tipo B excederam aos limites superiores definidos pela invenção. Enquanto que para o aço tipo D, o teor de C, o teor de Mn, e o teor de Cr ficaram fora das faixas definidas pela invenção.

Um espécime foi tomado de cada um dos lingotes redondos e os testes “formastor” foram realizados utilizando os espécimes, e o ponto Ac1 (°C) de cada um dos tipos de aço foram obtidos. Os pontos obtidos Ac1 foram dados na tabela 1.

Uma pluralidade de lingotes redondos feitos de aço de cada um dos tipos de A a E foram aquecidos num forno de aquecimento. Os lingotes redondos aquecidos foram perfurados e laminados e uma pluralidade de tubos sem solda (conchas ocas) foi produzida. O diâmetro externo nominal de cada tubo sem solda é de 203,2 mm e a espessura nominal da parede é de 12,7 mm. Os tubos de aço sem solda produzidos foram submetidos ao recozimento e têmpera na temperatura de têmpera (°C) na tabela 2 e os produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão foram produzidos. O período para impregnação foi de 30 minutos no processo de têmpera. Os lingotes redondos dos testes Nos. 13 e 14 na tabela 2 foram submetidos a perfuração e laminação e uma pluralidade de tubos sem solda, cada um tendo um diâmetro nominal externo de 219,1 mm e uma espessura nominal de parede de 14,5 mm foi produzida. Então, os tubos sem solda produzidos foram submetidos a tração a frio com uma redução de área de 18,4% e transformados em tubos sem solda, cada um tendo um diâmetro nominal externo de 203,2 mm e uma espessura nominal de parede de 12,7 mm. A redução de área foi definida pela seguinte expressão (3)

Redução em área (%) = $\frac{\text{seção transversal de um tubo de aço sem solda após a tração a frio}}{\text{seção transversal de um tubo de aço sem solda antes da tração a frio}} \times 100$... (3)

Além disso, os tubos de aço sem solda após a tração a frio foram submetidos ao recozimento e têmpera.

Tabela 2

teste No.	tipo de aço	temp. de recozimento (°C)	temp. de têmpera (°C)	razão de ferrita (%)	resistência produzida (MPa)	resistência a tensão (MPa)	alongação uniforme (%)
1	A	950	660	60	520	596	9,4
2	A	950	715	70	450	529	10,7
3	A	950	730	80	350	540	15,3
4	B	950	690	60	476	565	13,6
5	B	950	715	70	385	580	15,9
6	B	950	730	80	378	717	15,1
7	C	950	550	55	448	536	11,6
8	C	950	710	80	360	460	16,3
9	C	950	720	85	324	478	18,0
10	C	950	730	90	301	490	19,0
11	D	950	650	10	683	767	7,1
12	D	950	715	20	465	627	11,2
13	E	920	640	80	359	462	17,6
14	E	920	740	80	301	487	20,1

Medida da Razão de Ferrita

As razões de ferrita dos produtos tubulares para países produtores de petróleo dos testes Nos. 1 a 14 mostradas na tabela 2 foram obtidas pelo método que se segue. Espécimes para a observação da estrutura foram tomados dos produtos tubulares para países produtores de petróleo. Os espécimes foram mecanicamente polidos e os espécimes polidos foram decapados em uma solução alcoólica de picrato 4%. As superfícies dos espécimes decapados foram observadas utilizando um microscópio óptico (500X). No momento, a área de uma região sob observação foi de cerca de 36000 μm^2 .

A razão de ferrita (%) foi obtida na região observada. A razão de ferrita foi obtida pelo método da contagem de pontos de acordo com a ASTM E562. As razões de ferrita obtidas (%) são dadas na tabela 2.

Teste de Tensão

Os espécimes para tensão foram tomados de produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão nos testes Nos. 1 a 14 e os testes de tensão foram realizados nestes. Mais especificamente, um espécime redondo que possui um diâmetro externo de 6,35 mm e uma parte paralela de comprimento de 25,4 mm foi tomado do produto tubular para países produtores de petróleo para expansão. Os espécimes redondos foram submetidos a testes de tensão a temperatura ambiente. Resistências produzidas (MPa) obtidas pelos testes de tensão são dados na coluna “resistência produzida” na tabela 2, as resistências à tensão (MPa) são dadas na coluna “resistência à tensão” na tabela 2, as elongações uniformes (%) são dadas na coluna “elongação uniforme” da tabela 1. A resistência a deslocamento de acordo com o padrão ASTM foi definida como resistência produzida. A distorção de cada uma das peças de teste no ponto de carga máxima num teste de tensão foi definida como a elongação uniforme (%).

Resultado do Teste

Com referência a tabela 2, para os produtos tubulares para países produtores de petróleo dos testes Nos. 8 a 10, e 13 e 14, as composições químicas, as estruturas metálicas (razões de ferrita), e as resistências produzidas ficaram todas dentro das faixas definidas pela invenção, e suas elongações uniformes não foram menores do que 16%. Além disso, para os produtos tubulares para países produtores de petróleo nos testes Nos. 9, 10 e 14, as temperaturas de tempera não foram menores do que o ponto Ac1, e as elongações uniformes não foram menores do que 18%.

A peça do teste No. 13 apresenta uma ovalação de 0,22%, e uma excentricidade de espessura de parede de 3,66%. A peça do teste No. 14 apresenta uma ovalação de 0,21% e uma excentricidade de espessura de parede de 2,22%.

Mais especificamente, as ovalações destas nos testes Nos. 13 e 14 não foram mais do que 0,7% e suas excentricidades de espessura de parede não foram mais do que 6,0%. Note que as ovalações e as excentricidades de espessura de parede foram obtidas pelo método descrito na seção 4 acima.

Por outro lado, os produtos tubulares para países produtores de petróleo dos testes Nos. 1 a 3 apresentam teores de Mn que excedem o limite superior definido pela

invenção, e as elongações uniformes foram menores do que 16%. O produto tubular para países produtores de petróleo do teste No. 3 em particular tinha uma estrutura metálica e uma resistência produzida dentro das faixas definidas pela invenção, mas o teor de Mn na composição química não ficou dentro da faixa, e deste modo a elongação uniforme foi menor do que 16%.

O produto tubular para países produtores de petróleo dos testes Nos. 4 a 6, e 11 e 12 cada um possuía uma composição química fora da faixa definida pela invenção, e deste modo suas elongações uniformes foram menores do que 16%.

Exemplo 2

Uma pluralidade de produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão foi produzida e as ovalações e as excentricidades da espessura da parede dos produtos tubulares produzidos foram examinados. Mais especificamente, oito lingotes redondos que tinham a composição química do aço tipo E na tabela 1 foram preparadas. Quatro dos oito lingotes redondos foram submetidos à perfuração e laminação a quente e transformados em tubos de aço sem solda cada um tendo um diâmetro externo nominal de 203,2 mm e uma espessura de parede nominal de 12,7 mm. Os tubos de aço sem solda produzidos foram recozidos numa temperatura de recozimento de 950 °C. Após o recozimento, os tubos foram temperados numa temperatura de têmpera de 650 °C e transformados em produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão. Daqui em diante, estes quatro produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão serão referidos como peças manipuladas a quente de 1 a 4.

Enquanto isso, os outros quatro lingotes redondos foram produzidos como produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão pelo seguinte método. Os lingotes foram submetidos a perfuração e laminação a quente e transformados em tubos de aço sem solda cada um tendo um diâmetro externo nominal de 219,1 mm e uma espessura nominal de parede de 14,5 mm. Então, os tubos de aço sem solda produzidos foram submetidos a tração a frio com uma redução de área de 18,4% e transformados em tubos de aço sem solda cada um tendo um diâmetro externo nominal de 203,2 mm e uma espessura de parede nominal de 12,7 mm. Após a tração a frio, os tubos foram recozidos numa temperatura de recozimento de 920 °C, então temperados

numa temperatura de têmpera de 640  C a 740  C, e transformados em produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão. Daqui em diante, estes produtos tubulares para países produtores de petróleo para expansão serão referidos como peças manipuladas a frio de 1 a 4.

5 As peças manipuladas a quente de 1 a 4 e as peças manipuladas a frio de 1 a 4 foram medidas quanto a suas razões de ferrita, resistência produzidas e alonga es uniformes similarmente ao exemplo 1. Como resultado, as peças manipuladas a quente e as peças manipuladas a frio tiveram todas uma razão de ferrita de pelo menos 80% e uma resistência produzida de 276 MPa a 379 MPa. Suas alonga es uniformes foram todas de
10 16% ou mais.

As peças manipuladas a quente de 1 a 4 e as peças manipuladas a frio de 1 a 4 foram também medidas para suas ovala es e as excentricidades de espessura de parede. Mais especificamente, 16 diâmetros externos foram medidos pelo método descrito na se o 4, e o diâmetro externo máximo $D_{máx}$, o diâmetro externo mínimo $D_{mín}$, e o
15 diâmetro externo médio $D_{méd}$ foram obtidos. As ovala es foram obtidas usando a expressão (1). Trinta e duas espessuras de parede foram medidas pelo método descrito na se o 4, e a espessura máxima de parede $T_{máx}$, e a espessura mínima de parede $T_{mín}$, e a espessura média de parede $T_{méd}$ foram obtidas. Suas excentricidades de espessura de parede foram obtidas usando a expressão (2). O resultado da análise é dado na tabela 3 e
20 figura 1. Na figura 1, “ ” representa uma peça manipulada a quente e “ ” significa uma peça manipulada a frio.

Tabela 3

peça de teste	tipo de aço	ovala�o (%)	excentricidade de espessura de parede (%)
peça manipulada a quente 1	E	0,73	5,38
peça manipulada a quente 2	E	0,48	10,67
peça manipulada a	E	0,47	12,11

peça manipulada a quente 3			
peça manipulada a quente 4	E	0,46	11,39
peça manipulada a quente 1	E	0,22	3,66
peça manipulada a quente 2	E	0,21	2,22
peça manipulada a quente 3	E	0,27	3,96
peça manipulada a quente 4	E	0,34	4,43

Com referência a tabela 3 e a figura 1, as ovalações das peças manipuladas a frio de 1 a 4 foram menores do que aquelas das peças manipuladas a quente de 1 a 4 e não mais do que 0,7%. As excentricidade de espessura de parede das peças manipuladas a frio de 1 a 4 foram menores do que aquelas das peças manipuladas a quente de 1 a 4 e não mais do que 6,0%.

Embora as realizações da presente invenção tenham sido descritas e ilustradas em detalhes, fica claramente compreendido que as mesmas são apenas um modo de ilustração e exemplificação de como realizar a invenção e não devem ser tomadas como modo de limitação da invenção. A invenção pode ser incorporada de várias formas modificadas sem sair do espírito e escopo da invenção.

Aplicabilidade Industrial

O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção são amplamente aplicáveis como um produto tubular para países produtores de petróleo e particularmente aplicáveis como um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão em um poço.



REIVINDICAÇÕES

1. Produto tubular para países produtores de petróleo para expansão em um poço, **CARACTERIZADO** por apresentar uma composição que compreende, em porcentagem em massa, 0,05 a 0,08% C, no máximo 0,50% Si, 0,80% a 1,30% Mn, no máximo 0,030% P, no máximo 0,020% S, 0,08% a 0,50% Cr, no máximo 0,01% N, 0,005% a 0,06% Al, no máximo 0,05% Ti, no máximo 0,50% Cu, e no máximo 0,50% Ni, e o balanço consistindo de Fe e impurezas, uma estrutura que inclui uma razão de ferrita de pelo menos 80%, uma resistência produzida na faixa de 276 MPa a 379 MPa e uma elongação uniforme de pelo menos 16%.
2. Produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pela dita composição conter, no lugar de parte do dito Fe, um ou mais elementos selecionados do grupo que consiste de no máximo 0,10% Mo, no máximo 0,10% V, no máximo 0,040% Nb, no máximo 0,005% Ca, no máximo 0,01% de um elemento de metal raro (EMR).
3. Produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **CARACTERIZADO** por apresentar uma elongação uniforme de pelo menos 18%.
4. Produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** por ser realizado um recozimento e então uma têmpera a uma temperatura de têmpera de pelo menos do ponto Ac1.
5. Produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com as reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** por ainda apresentar uma ovalação de no máximo 0,7% e uma excentricidade de espessura de parede de no máximo 6,0%.
6. Produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** por ser submetido ao trabalho a frio e então a um recozimento e têmpera.
7. Método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão, **CARACTERIZADO** por compreender as etapas de
- produzir uma concha côncava que apresenta uma composição que compreende, em porcentagem em massa, 0,05% a 0,08% C, no máximo 0,50% Si,

0,80% a 1,30% Mn, no máximo 0,030% P, no máximo 0,020% S, 0,08% a 0,50% Cr, no máximo 0,01% N, 0,005% a 0,06% Al, no máximo 0,05% Ti, no máximo 0,50% Cu, e no máximo 0,50% Ni, e o balanço consistindo de Fe e impurezas, e

- realizar recozimento e têmpera na dita concha côncava produzida e realizar a concha côncava dentro de um produto tubular para países produtores de petróleo para expansão que apresenta uma razão de ferrita de pelo menos 80%, uma resistência produzida de 276 MPa a 379 MPa e uma elongação uniforme de pelo menos 16%.

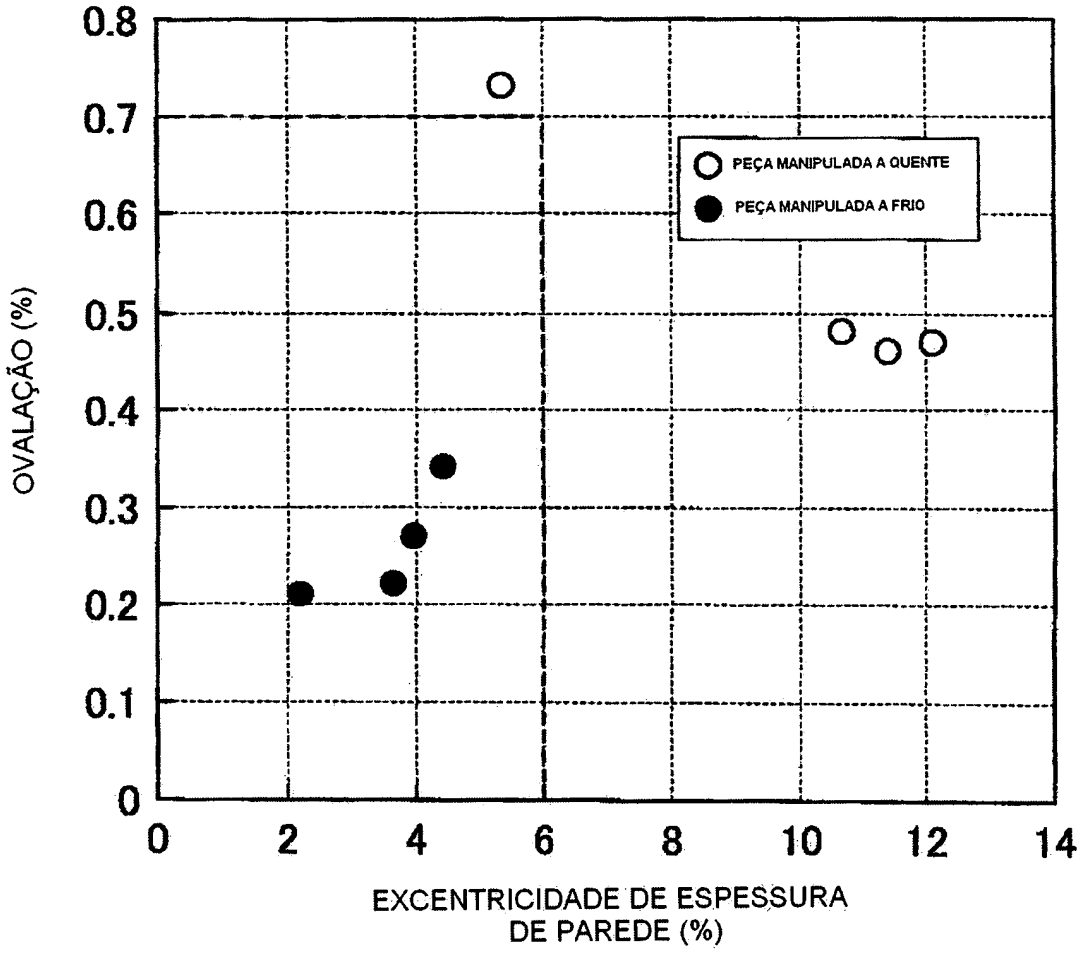
8. Método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pela composição da dita concha côncava conter, no lugar de parte do dito Fe, um ou mais elementos selecionados do grupo que consiste de no máximo 0,10% Mo, no máximo 0,10% V, no máximo 0,040% Nb, no máximo 0,005% Ca, no máximo 0,01% de um elemento de metal raro (EMR).

9. Método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com as reivindicações 7 ou 8, **CARACTERIZADO** pela dita etapa de recozimento e têmpera, em que a dita concha côncava recozida é submetida a têmpera numa temperatura de têmpera de pelo menos do ponto Ac1, tal que a elongação uniforme do dito produto tubular para países produtores de petróleo para expansão seja pelo menos de 18%.

10. Método de fabricação de um produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com as reivindicações 7 a 9, **CARACTERIZADO** por ainda compreender a etapa de submeter a dita concha côncava produzida por trabalho a frio, tal que a ovalação do dito produto tubular para países produtores de petróleo para expansão seja no máximo de 0,7% e a excentricidade da espessura da parede seja no máximo 6,0%, em que na dita etapa de recozimento e têmpera, a dita concha côncava trabalhada a frio seja submetida a recozimento e têmpera.

FIG.1

1/1



RESUMO**“PRODUTOS TUBULARES PARA PAÍSES PRODUTORES DE PETRÓLEO PARA EXPANSÃO EM POÇO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DO MESMO”**

5 Produto tubular para países produtores de petróleo para expansão de acordo com a invenção é expandido em um poço. O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão tem uma composição que compreende, em porcentagem em massa, 0,05 a 0,08% C, no máximo 0,50% Si, 0,80% a 1,30% Mn, no máximo 0,030% P, no máximo 0,020% S, 0,08% a 0,50% Cr, no máximo 0,01% N, 0,005% a 0,06% Al, no máximo 0,05% Ti, no máximo 0,50% Cu, e no máximo 0,50% Ni, e o balanço consistindo de Fe e impurezas, uma estrutura que inclui uma razão de ferrita de pelo menos 80%. O produto tubular para países produtores de petróleo para expansão apresenta uma resistência produzida na faixa de 276 MPa a 379 MPa e uma elongação uniforme de pelo menos 16%. Deste modo, o produto tubular para países produtores de petróleo de acordo com a invenção apresenta uma característica de alta expansão tubular.

10

15